

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.045>

УДК 550.93 (477):552.4:550.4

**Г.В. Артеменко, И.А. Самборская,  
И.А. Швайка, К.И. Гоголев, Т.И. Довбуш**

Институт геохимии, минералогии и рудообразования  
им. Н.П. Семеновки НАН Украины  
03142, г. Киев, Украина, пр-т Акад. Палладина, 34  
E-mail: regulgeo@gmail.com

## ЭТАПЫ РАННЕПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКОГО КОЛЛИЗИОННОГО ГРАНИТОИДНОГО МАГМАТИЗМА И МЕТАМОРФИЗМА НА ПРИАЗОВСКОМ И СРЕДНЕПРИДНЕПРОВСКОМ МЕГАБЛОКАХ УКРАИНСКОГО ЩИТА

На Приазовском и Среднеприднепровском мегаблоках выделены три этапа палеопротерозойского гранитоидного магматизма и метаморфизма — 2,2; 2,10—2,04 и 2,0—1,98 млрд лет. Гранитоиды первого этапа (2,2 млрд лет) выявлены в крупных разломных зонах Приазовского мегаблока; второго (2,10—2,04 млрд лет) — распространены на всей его площади. Значительно реже встречаются гранитоиды третьего этапа (1,98—2,0 млрд лет). Ко второму этапу близок по времени региональный метаморфизм архейских гнейсов кайинкулакской толщи и осадочных пород темрюкской свиты центральноприазовской серии (2,06—2,07 млрд лет) Приазовского мегаблока, а также архейских плагиигранитоидов сурского комплекса и осадочных пород криворожской и глееватской серий (около 2,0 млрд лет) в Западно-Ингулецкой зоне. По геолого-структурным данным, главная фаза формирования складчатости архейских пород Западноприазовского блока имела место около 2,08 млрд лет тому назад. Выделенные этапы гранитоидного магматизма и метаморфизма соответствуют, вероятно, разным стадиям коллизии Сарматского и Волго-Уральского микроконтинентов.

*Ключевые слова:* коллизия, палеопротерозой, гранитоидный магматизм, метаморфизм, U-Pb возраст, Приазовский и Среднеприднепровский мегаблоки, Сарматия, Волго-Уралия.

**Введение.** Конец архея на Земле ознаменовался объединением микроконтинентов в единый суперконтинент или небольшую их группу. Согласно [11, 19, 21, 22], преобладающая часть архейской коры Восточно-Европейского кратона была собрана в интервале от 2,82 до 2,66 млрд лет назад, а объединение Курского и Среднеприднепровского кратонов произошло, по оценкам разных авторов, 2,6 или 2,9 млрд лет тому назад. В палео- и мезопротерозое на Курском и Среднеприднепровском кратонах сформировался Брянск-Курск-Воронежский внутриконтинентальный ороген. Курско-Криворож-

ский бассейн с мощными толщами железисто-кремнистых формаций образовался в период 2,5—2,3 млрд лет. В интервале 2,08—2,02 млрд лет произошла общая коллизия, сопровождавшаяся выведением гранулитогнейсовых комплексов к уровню верхней коры и формированию коллизионных орогенов второго порядка — Криворожско-Брянского, Курской магнитной аномалии и Восточно-Воронежского. Эта модель, предложенная авторами [11], в общих чертах описывающая эволюцию земной коры Восточно-Европейской платформы в неоархее и палеопротерозое, нуждается в более детальном обосновании для Украинского щита (УЩ).

**Постановка проблемы.** Как показывают геологические данные, в палеопротерозое архей-

© Г.В. АРТЕМЕНКО, И.А. САМБОРСКАЯ, И.А. ШВАЙКА,  
К.И. ГОГОЛЕВ, Т.И. ДОВБУШ, 2018

ская кора восточной части УЩ была фрагментирована на блоки меньших порядков, сформировались бассейны осадконакопления, к которым приурочена железисто-кремнистая формация. Впоследствии породы погруженных частей коры претерпели метаморфизм до гранулитовой фации, внедрялись многочисленные интрузии ультрабазит-базитового, гранитоидного и щелочного составов, причем гранитоидный магматизм имел огромные масштабы. В результате этих процессов в восточной части УЩ были обособлены крупные тектонические блоки — Среднеприднепровский

кратон, Западноприазовский фрагмент кратона, а также сформировались такие крупные палеопротерозойские структуры, как Ингульско-Криворожский ороген и Орехово-Павлоградская коллизионная структура [5]. До настоящего времени этот этап формирования земной коры УЩ изучен весьма недостаточно и фрагментарно. Отсутствуют убедительные данные о времени вхождения архейской коры УЩ в состав Сарматии, возрасте метаосадочных пород центральноприазовской и криворожской серий, выполняющих многочисленные рифтогенные бассейны, не систематизи-

Таблица 1. Химический состав гранитоидов и метаморфических пород Среднеприднепровского и Приазовского мегаблоков, %  
Table 1. Chemical composition of granitoids and metamorphic rocks of Middle-Dnieper and Azov megablocks, %

Окислы	1/87-604	2/87-139	3/87/561	4/87-586	5/2243	6/849/4	7/10/331	8/10/326	9/10/324
SiO <sub>2</sub>	61,90	71,30	71,55	74,85	70,91	73,25	73,65	70,86	75,38
TiO <sub>2</sub>	0,84	0,33	0,36	0,02	0,23	0,15	0,24	0,47	0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,20	14,60	14,58	14,22	14,88	12,47	13,59	11,94	13,34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,73	0,80	0,66	—	0,22	>0,10	1,28	0,10	<0,1
FeO	4,45	2,30	1,93	0,72	2,00	2,37	2,15	5,76	2,37
MnO	0,11	0,06	0,03	0,05	0,03	0,06	0,13	0,09	<0,02
MgO	2,03	2,08	1,58	0,40	0,86	0,41	0,33	2,52	0,24
CaO	4,30	2,29	2,10	0,45	2,35	0,83	3,69	2,28	1,15
Na <sub>2</sub> O	4,36	3,11	4,22	4,20	3,48	4,88	3,54	2,42	2,52
K <sub>2</sub> O	1,28	1,68	1,50	4,33	4,05	4,82	0,60	1,40	3,86
S <sub>общ</sub>	Сл.	—	0,04	—	0,01	0,02	0,03	<0,02	<0,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08	—	0,21	0,03	0,02	0,04	0,11	0,05	0,07
CO <sub>2</sub>	1,02	—	0,14	0,45	Н/о	Н/о	Н/о	Н/о	Н/о
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,20	—	0,07	0,07	0,08	0,40	0,10	0,60	0,42
П. п. п.	0,12	1,10	0,70	0,25	0,42	0,36	0,28	1,21	0,40
<b>Сумма</b>	<b>99,62</b>	<b>99,65</b>	<b>99,67</b>	<b>100,04</b>	<b>99,54</b>	<b>100,16</b>	<b>99,72</b>	<b>99,72</b>	<b>99,93</b>
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	5,64	4,79	5,72	8,53	7,53	9,7	4,14	3,82	6,38
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	3,41	1,85	2,81	0,97	0,86	1,01	5,90	1,73	0,65

Примечание. 1 — *кварцевый диорит*, Правобережный район, Ореховский участок, скв. 17846, гл. 408,5—410,0 м *нит*, там же, Западно-Зеленореченский участок, обнажение в с. Йосиповка на левом берегу р. Зеленой (обр. 87-561); же, с. Покровка, обнажение на правом берегу р. Волчья, в 500 м выше нового моста (обр. 2243); 6 — *двуполевошпатолак*, в 400 м выше моста на а/д с. Каменка — с. Ново-Михайловка (обр. 10/331); 8 — *гранат-биотитовый гнейс*, (обр. 10-326); 9 — *гранатсодержащие граниты*, там же (обр. 10-324); 10 — *белые пегматиты*, там же (обр. 12-403); 11 — с. Вершина; 12 — *пироксен-амфиболовый кристаллосланец*, заброшенный карьер возле ж/д станции Верхний Токмак на правом берегу р. Токмак, в 300 м выше по течению от села (обр. 12/300); 15 — *гранит с гранатом*, восточная окраина *кроклиновыи гранит*, карьер в устье небольшой балки, впадающей справа в б. Грузская, в 2,5 км выше ее устья, обр. (обр. UR-52/1). Химические анализы выполнены в ИГМР им. Н.П. Семеновко НАН Украины; Сл. — следы, Н/о — N o t e. 1 — quartz diorite, Pravoberezhny district, Orekhovo area, bh. 17846, dp. 408.5—410.0 m (smp. 87-604), 2 — area, outcrop in the Yosipovka village on the left bank of the Green River (smp. 87-561); 4 — pegmatite, East Annovka Wolfish River, 500 m above the new bridge (smp. 2243); 6 — two-feldspar granite, Ternovatka strip, bh. 849, dp. 117.0—126.0 m Mikhailovka (smp. 10/331); 8 — garnet-biotite gneiss, Upper Tokmak village, outcrop on the right bank of the Tokmak River, place (smp. 10-324); 10 — white pegmatites, in the same place (smp. 12-403); 11 — pegmatoid granite, outcrop № 4 on the right crystalline shists, abandoned quarry near the railway station Verkhniy Tokmak (smp. 83-33); 13 — plagioclase, ibid (smp. 84-upstream from the village (smp. 12/300); 15 — granite with garnet, eastern margin Vodyanoe village, exposure on a turfed slope ravine, that flows into ravine Gruzskaya, 2.5 km above its estuare (smp. 13/87); 17 — amphibole gneiss, outcrop in the beam analyzes were carried out at the IGMOF of the NAS of Ukraine; Сл. — traces, Н/о — no determined.

рованы данные о времени и геодинамических условиях магматизма и метаморфизма, связанные с этим этапом. В результате предыдущих геохронологических исследований среди палеопротерозойских гранитоидов восточной части УЩ выделены плагиогранитоиды каратюкского комплекса возрастом 2,1 млрд лет [3] и значительно преобладающие калиево-натриевые граниты широкого возрастного диапазона [17], связанные, вероятно, с коллизией Сарматии и Волго-Уралии.

Для определения времени, длительности и масштабов коллизионных процессов нами вы-

полнены геолого-структурные и геохронологические исследования гранитоидов в зонах крупных разломов и метаморфизованных архейских пород некоторых крупных палеотектонических элементов, главным образом, по монациту (рис. 1).

**Результаты U-Pb исследований. Ингулецко-Криворожский орогенический пояс.** Внешняя Западно-Ингулецко-Криворожско-Кременчугская мегазона — пассивная окраина Среднеприднепровского кратона [5]. В ее составе выделяются Криворожская и Западно-Ингулецкая зоны. Криворожская зона представляет собой

10/12/403	11/12/335	12/83/33	13/84/81	14/12/300	15/16/1	16/13/87	17/UR-52	18/UR-52/1
83,45	73,70	51,09	56,41	72,84	74,99	63,46	66,80	72,28
0,10	0,08	1,14	0,59	0,04	0,17	0,47	0,52	0,18
8,08	13,41	15,28	22,58	13,14	13,30	13,89	14,62	13,30
0,20	0,40	9,44	0,56	1,12	<0,07	4,26	0,99	0,69
2,29	1,22	1,94	2,00	1,14	1,26	4,68	3,30	2,87
0,04	0,01	0,26	0,03	0,02	0,04	0,07	0,02	0,02
0,48	0,48	8,01	1,72	0,38	0,24	0,55	1,14	0,49
2,07	2,08	10,26	5,55	1,62	1,46	1,72	4,72	3,42
2,00	3,66	1,56	6,60	3,68	2,96	3,28	5,80	5,60
0,77	3,78	0,40	2,13	5,26	4,50	6,00	0,90	0,90
<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	—	<0,02	<0,02	<0,02
0,04	0,16	0,12	0,07	0,02	0,15	0,25	0,09	0,08
H/o	H/o	0,10	H/o	H/o	—	H/o	H/o	H/o
0,25	0,12	0,13	0,24	0,07	0,22	0,50	0,25	0,23
0,20	0,42	0,11	1,08	0,23	0,29	0,65	0,47	0,26
<b>99,99</b>	<b>99,54</b>	<b>99,86</b>	<b>99,59</b>	<b>99,58</b>	<b>99,65</b>	<b>99,80</b>	<b>99,64</b>	<b>100,34</b>
2,77	7,44	1,96	8,73	8,94	7,46	9,28	6,70	6,50
2,60	0,97	3,90	3,10	0,70	0,66	0,55	6,44	6,22

(обр. 87-604), 2 — *плагиогранит*, там же, Артемовский участок, скв. 20962, гл. 405—416 м (обр. 87-139); 3 — *плагиогранит*, Восточно-Анновская полоса, скв. 20873, гл. 147,4—153,0 м (обр. 87-586); 5 — *биотитовый гнейс*, там же, Терноватская полоса, скв. 849, гл. 117,0—126,0 м (обр. 849/4); 7 — *пегматит*, обнажение на р. Кайинку-с. Верхний Токмак, обнажение на правом берегу р. Токмак, в 800 м выше по течению от моста на а/д в с. Вершина *пегматоидный гранит*, обнажение № 4 на правом берегу р. Токмак, в 150 м выше моста на а/д Верхний Токмак — (обр. 83-33); 13 — *плагиоклазит*, там же (обр. 84-81); 14 — *лейкогранит*, южная часть с. Верхний Токмак, обнажение на с. Водяное, обнажении на задернованном склоне левого борта балки, впадающей в р. Берда (обр. 16/1); 16 — *микроклинит*, обнажение в б. Панасова, приток р. Каратыш (обр. UR-52); 18 — *гранит*, там же не определялось.

plagiogranite, ibid, Artemovsk area, bh. 20962, dp. 405—416 m (smp. 87-139); 3 — plagiogranite, ibid, West-Zelenorechenska monocline, bh. 20873, dp. 147.4—153.0 m (smp. 87-586); 5 — biotite gneiss, Pokrovka village, outcrop on the right bank of the (smp. 849/4); 7 — pegmatite, outcrop on the Kayinkulak River, 400 m above the bridge on the road Kamenka village — Novo-800 m upstream from the bridge to the road on the Verzhina village (smp. 10-326); 9 — garnet-bearing granites, in the same bank of the Tokmak River, 150 m above the bridge on road the Upper Tokmak — Verzhina village; 12 — pyroxene-amphibole (smp. 81); 14 — leucogranite, the southern part of the Upper Tokmak village, outcrop on the right bank of the Tokmak River, 300 m of the left side of the beam, flowing into the Berda River (smp. 16/1); 16 — microcline granite, the quarry at the estuary of Panasova, the tributary of the Karatysh River (smp. UR-52); 18 — granite, in the same place (smp. UR-52/1). Chemical

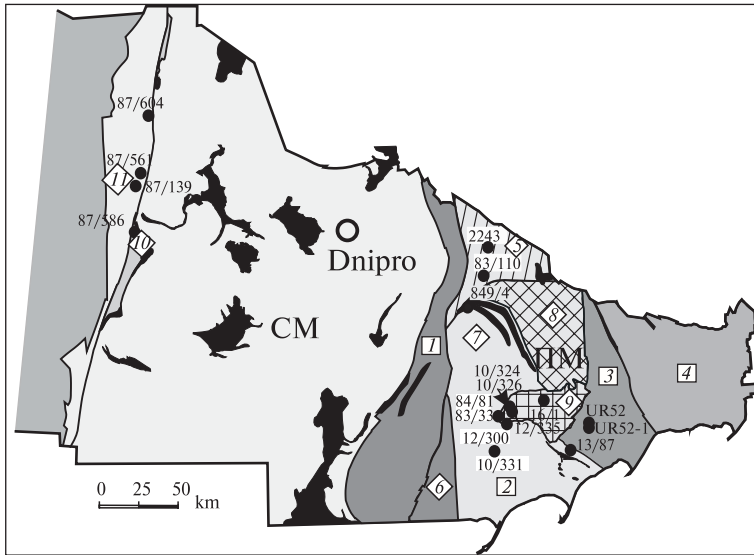


Рис. 1. Геолого-структурная схема Приазовского и Среднеприднепровского мегаблоков с точками отбора и номерами проб для U-Pb геохронологических исследований (залитые кружки). Блоки II порядка (цифры в прямоугольнике). Приазовский мегаблок (ПМ): 1 — Орехово-Павлоградская зона, 2 — Западноприазовский антиклинорий, 3 — Центральноприазовский синклинорий, 4 — Восточноприазовский антиклинорий. Блоки III порядка (цифры в ромбе). Приазовский мегаблок: 5 — Волчанский блок, 6 — Корсакский блок, 7 — Гуляйпольско-Салтычанский блок, 8 — Ремовский блок, 9 — Белоцерковский блок; Среднеприднепровский мегаблок (СМ): 10 — Восточно-Анновская полоса, 11 — Западно-Ингулецкая зона

Fig. 1. Geological-structural scheme of the

Azov and Middle-Dnieper megablocks with sampling points and sample numbers for U-Pb geochronological studies (filled circles). Blocks of the second order (number in the rectangle). Azov megablock (ПМ): 1 — Orekhovo-Pavlograd zone, 2 — West-Azov anticlinorium, 3 — Central-Azov synclinorium, 4 — East-Azov anticlinorium. Blocks of the III order (number in the rhombus). Azov megablock: 5 — Volchansk block, 6 — Korsak block, 7 — Gulyaypol-Saltych block, 8 — Rem block, 9 — Belotserkovka block; Middle-Dnieper megablock (СМ): 10 — East Annovka zone, 11 — West-Ingul zone

одноименный асимметричный синклинорий, выполненный нижнепротерозойскими отложениями. Западно-Ингулецкая — расположена между крупными зонами разломов — Западно-Ингулецкой и Криворожско-Кременчугской. Фундамент Западно-Ингулецкой зоны сложен мезоархейскими плагиогранитоидами (тоналит-грондьемит-гранодиоритовая (ТТГ) серия) и фрагментами зеленокаменных структур конкской серии; ее рассматривают как поднятие фундамента внутри единой внешней зоны орогена, выдвинутое в процессе складчатости и надвигания на восток в сторону Среднеприднепровского кратона. В результате этих процессов архейские плагиогранитоиды этой зоны были метаморфизованы, в них образовался наложенный монацит.

**Ореховский участок** расположен в центральной части Западно-Ингулецкой зоны. Здесь среди мигматитов, мигматизированных амфиболитов и гнейсов наблюдаются две меридиональные полосы (моноклинали), сложенные амфибол-пироксеновыми итабиритами криворожской серии, прослеженные на 1,0—1,5 км [9]. На этом участке среди плагиогранитоидов вскрыты слабо рассланцованные кварцевые диориты (обр. 87-604, скв. 17846, гл. 408,5—410,0 м) (табл. 1), имеющие архейский возраст ( $3140 \pm 40$  млн лет) [1]. Это среднезернистая порода со слабо сланцеватой

той текстурой, с гипидиоморфнозернистой структурой.

Минеральный состав породы, %: плагиоклаз — 50, кварц — 15, роговая обманка — 25, биотит — 7, гранат — 3; апатит, магнетит и циркон встречаются в единичных зернах. По химическому составу (табл. 1) это средняя порода нормального ряда калиево-натриевой серии [10].

Монацит из кварцевых диоритов представлен прозрачными и полупрозрачными зернами, последние содержат включения породообразующих минералов. Продатирован был прозрачный монацит, U-Pb изохронный возраст которого —  $2005,7 \pm 2,5$  млн лет (табл. 2, рис. 2, а).

**Артемовский участок** — это участок развития пород железисто-кремнистой формации, расположенный в Западно-Ингулецкой зоне на северном продолжении Западно-Анновской полосы. Серые плагиогранитоиды слагают борта синклинальной складки, сложенной метаморфическими породами криворожской серии [9].

Для геохронологических исследований была отобрана проба плагиогранитов (скв. 20962, гл. 405—416 м, обр. 87-139). Порода крупнозернистая, структура аллотриоморфнозернистая. Породообразующие минералы — плагиоклаз и кварц. Вторичные минералы, %: биотит — 5,

Таблица 2. Результаты U-Pb изотопных исследований коллизионных гранитоидов и метаморфизованных пород  
Table 2. The results of U-Pb isotope studies of collision granitoids and metamorphosed rocks

Фракция, мм	Содержание, ppm		Изотопные отношения						Возраст, млн лет	
	U	Pb	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}_f/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_f/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_f/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_f/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
<i>Пр. 87-604, кварцевый диорит, монацит (Правобережный р-н, Ореховский участок, скв. 17846, гл. 408,5—410,0 м)</i>										
Св.-желтый, прозр.	4438	12020	12840	8,0665	0,14057	0,37840	6,4204	2069	2035	2001,0
Св.-желтый, полупр.	2230	5873	21690	8,0762	0,14004	0,36697	6,2403	2015	2010	2005,0
Св.-жел., не прозр.	2277	5916	5540	7,9390	0,14078	0,36275	6,1863	1995	2003	2010,1
<i>Пр. 87-561, плагиогранит, монацит (Правобережный р-н, Зеленевский участок, обнажение на левом берегу р. Зеленой)</i>										
Светло-желтый	6390	6930	40000	7,9859	0,47001	0,38491	6,6347	2099	2064	2029,0
Округлый, прозр.	5729	6796	36760	7,9866	0,41590	0,38788	6,6837	2113	2070	2028,4
Бледно-желтый	6102	6614	53480	7,9879	0,47626	0,38808	6,6921	2114	2072	2029,7
Бл.-желт., полупр.	4165	4636	62900	7,9955	0,44607	0,38162	6,5764	2084	2056	2028,6
<i>Пр. 87-139, плагиогранит, монацит (Правобережный р-н, Артемковский участок, скв. 20962, гл. 405—416 м)</i>										
>0,07	5936	6482	10380	7,8864	0,46531	0,38445	6,6605	2097	2067	2038,0
Прозрачный	5525	6183	38610	7,9688	0,44843	0,38501	6,6501	2100	2066	2032,6
Светло-желтый >0,07	6542	6604	6470	7,8567	0,53200	0,38692	6,6877	2109	2071	2033,9
"	6441	6662	11600	7,9158	0,50715	0,38516	6,6548	2100	2067	2033,2
<i>Пр. 83-110, гнейс гранатовый, монацит (Волчанский блок, Демуринский участок, скв. 102, гл. 226—230,7 м)</i>										
Св.-желтый, прозр.	5255	8543	34130	7,7924	0,33071	0,45160	7,9746	2402	2228	2071,7
"	6254	8801	58480	7,8034	0,34063	0,39953	7,0539	2167	2118	2071,4
"	5948	8265	36760	7,8156	0,33994	0,39385	6,9356	2141	2103	2066,8
"	6102	7870	50000	7,8425	0,38292	0,39809	6,9913	2160	2110	2062,0
<i>Пр. 10-326, гранат-биотитовый гнейс, монацит (Белоцерковская структура, с. Верхний Токмак, обн. на правом берегу р. Токмак)</i>										
Прозр. лим.-желтый	2046,74	3526,11	6635	7,7244	0,24186	0,376573	6,62507	2060,25	2062,69	2065,13
"	6742,94	7113,45	12390	7,7900	0,48523	0,381592	6,70465	2083,72	2073,23	2062,83
"	8099,84	7689,91	11120	7,7429	0,56558	0,378116	6,67802	2067,48	2069,72	2071,95
"	6695,32	6145,29	5970	7,6359	0,60621	0,380513	6,76174	2078,68	2080,73	2082,76
<i>Пр. 10/324, гранатосодержащий гранит, монацит (Белоцерковская структура, с. Верхний Токмак, обн. на правом берегу р. Токмак)</i>										
Прозр. лим.-желтый	5916,4	7123,76	3950	6,9517	0,28907	0,300635	5,83264	1694,46	1951,27	2235,96
"	7737,62	12807,4	8200	6,9080	0,28574	0,410399	8,1103	2216,75	2243,39	2267,8
То же, >0,05	5845,27	8599,03	42550	7,2082	0,31731	0,39553	7,55669	2148,43	2179,74	2209,34

Продолжение табл. 2.  
The Continue of Table 2

Фракция, мм	Содержание, ррт		Изотопные отношения						Возраст, млн лет		
	U	Pb	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}_r/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_r/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	
<i>Пр. 12-403, негматит, монацит (Белоцерковская структура, с. Верхний Токмак, обн. на правом берегу р. Токмак)</i>											
Буровато-желтый	1655,75	6549,26	4255	7,6917	0,11616	0,466236	8,16617	2467,03	2249,6	2057,29	
	2536,22	27550,72	7100	7,7652	0,12507	0,37512	6,57099	2053,45	2055,46	2057,49	
	1824,97	8546,18	8820	7,7598	0,074744	0,371059	6,52307	2034,38	2049,02	2063,77	
	1986,17	8590,97	9420	7,8040	0,082366	0,374798	6,55591	2051,94	2053,44	2054,95	
<i>Пр. 12-335, негматит, монацит (Белоцерковская структура)</i>											
Буровато-желтый	238,977	7231,17	538,9	6,6225	0,013578	0,452489	7,89804	2406,31	2219,46	2051,19	
"	285,91	7570,14	614,5	6,7609	0,012608	0,369378	6,44359	2026,47	2038,23	2050,16	
"	317,399	7121,34	589,0	6,6782	0,015063	0,372517	6,54586	2041,23	2052,09	2063,01	
"	288,875	6838,77	556,9	6,6335	0,014282	0,372434	6,52941	2040,84	2049,87	2058,97	
<i>Пр. 84-81, плагноклазит, монацит (Белоцерковская структура, карьер возле ст. Верхний Токмак)</i>											
Св.-желтый, прозр.	4144	6092	7000	7,7131	0,31638	0,39454	6,9571	2144	2106	2069,2	
Буров.-желт., прозр.	4457	6071	15850	7,7797	0,35242	0,39600	6,9798	2151	2109	2068,4	
"	5614	6480	19160	7,7791	0,45391	0,39981	7,0556	2168	2118	2070,5	
"	6107	7342	29850	7,7973	0,41649	0,39309	6,9340	2137	2103	2069,8	
Св.-желтый, не прозр.	5076	6790	41500	7,8174	0,36148	0,39628	6,9791	2152	2109	2067,0	
<i>Пр. 12/300, лейкогранит, монацит (Белоцерковская структура, с. Верхний Токмак, обн. на правом берегу р. Токмак, у моста)</i>											
>0,1	3360	11191	93,9	3,7638	0,16216	0,43285	7,4367	2319	2165	2023,2	
<0,1	2152	8679	69,3	3,1720	0,17613	0,51903	8,8664	2695	2324	2013,1	
>0,1	2512	7936	74,0	3,3143	0,18417	0,42991	7,2417	2305	2142	1988,1	
<0,1	2322	7458	65,6	3,0713	0,18093	0,41514	7,0571	2238	2119	2004,4	
<i>Пр. 16/1, гранит с гранатом, монацит (Белоцерковская структура, с. Водяное, обн. на правом берегу р. Берда)</i>											
Желтый	2107,36	4089,45	771,3	6,8861	0,23520	0,406522	7,18824	2199	2135,04	2074,04	
"	4925,91	9268,15	1120	7,1505	0,24600	0,411260	7,26948	2220,68	2145,07	2073,43	
"	6947,75	12579,7	936,4	7,0225	0,25034	0,399932	7,08268	2168,72	2121,87	2076,77	
"	10171,90	16280,9	16580	7,7712	0,28261	0,395267	6,97659	2147,21	2108,45	2070,85	
"	9165,37	15379,4	11440	7,6307	0,26767	0,397157	7,12037	2155,93	2126,59	2098,35	

Окончание табл. 2.  
The end of Table 2

Фракция, мм	Содержание, ppm		Изотопные отношения						Возраст, млн лет	
	U	Pb	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}_r/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_r/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
<i>Пр. 13/87, микроклиновый гранит, монацит (карьер в устье небольшой балки, впадающей справа в б. Грузская, в 2,5 км выше ее устья)</i>										
Метамиктный	447,799	6871,19	1270	7,2786	0,022236	0,378383	6,63119	2069	2063	2058
"	447,799	6871,2	1138	7,2786	0,022236	0,377858	6,55821	2066	2054	2041
Не метамиктный	591,931	8699,55	270,3	5,6779	0,023506	0,365381	6,41766	2008	2008	2062
"	591,931	8700	264,8	5,6693	0,023524	0,365223	6,37493	2007	2007	2051
<i>Пр. UR-52, амфиболовый гнейс, монацит (Зачатьевско-Федоровская анкла. II порядка в Мануришском синкл., обн. в устье б. Панасова)</i>										
Буров.-желтый, прозр.	122,7	3168	498	6,5475	0,01543	0,43658	7,6019	2335	2185	2046,9
"	187,5	4628	551	6,6689	0,01627	0,44121	7,6689	2356	2193	2043,8
<i>Пр. UR-52/1, лейкократовый прожилок в амфиболовом гнейсе, там же</i>										
Св.-желтый, прозр.	892,7	490,4	386	6,5889	0,26837	0,12482	2,0181	758	1122	1915
"	925,7	430,1	343	6,2512	0,51610	0,16559	2,7697	988	1347	1975,6

Примечание.  $^{206}\text{Pb}_r$  — изотоп  $^{206}\text{Pb}$  радиогенный.

Note.  $^{206}\text{Pb}_r$  — isotope  $^{206}\text{Pb}$  radiogenic.

бесцветный амфибол — 2–5, серицит и рудные — 10. В шлифе 87-132 — биотита 20 %, а в шлифе 87-133 — 10 %. По химическому составу (табл. 1) они соответствуют низкощелочным гранитам калиево-натриевой серии [10].

Из плагиогранитов (пр. 87-139) выделен монацит бледно-желтого цвета, он продатирован U-Pb изотопным методом. Согласно полученным данным, возраст монацита по изотопному отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  составляет 2029,7 млн лет (табл. 2).

*Западно-Зеленореченский участок* Западно-Ингулецкой зоны расположен в 4 км на север от Артемовского участка. Метаморфические породы криворожской серии залегают здесь в сводовой части пологой антиклинальной складки. Они подстилаются биотитовыми мигматитами с ксенолитами амфиболовых и биотит-амфиболовых гнейсов [9].

Нами выполнены геохронологические исследования монацита из плагиогранитов фундамента (пр. 87-561, обнажение на левом берегу р. Зеленой, в с. Йосиповка). Согласно предыдущим исследованиям прямым термоэмиссионным методом, U-Pb возраст циркона из плагиогранитов 3,0 млрд лет.

Плагиогранитоиды крупнозернистые с аллотриоморфнозернистой структурой. Состоят из плагиоклаза среднего (или кислого ?) состава, кварца, биотита (15–20 %), бесцветного амфибола (ед. зерна) и рудных минералов (2 %). По плагиоклазу развивается серицит. По химическому составу порода (табл. 1) соответствует низкощелочным гранитам нормального ряда калиево-натриевой серии [10].

Монацит из плагиогранитов (пр. 87-561) бледно-, зеленовато-желтый, полупрозрачный и водяно-прозрачный. U-Pb изохронный возраст монацита —  $2029,3 \pm 4,2$  млн лет (табл. 2, рис. 2, b).

Результаты выполненных геохронологических исследований указывают, что архейские плагиогранитоиды Западно-Ингулецкой зоны были метаморфизованы 2,03–2,01 млрд лет — близко либо одновременно с породами криворожской и глееватской серий [18].

В *Восточно-Анновской моноклинали* пегматиты кировоградского комплекса прорывают метаморфические породы гданцевской свиты криворожской серии. Пегматиты (скв. 20873, гл. 147,4–153,0 м, обр. 87-586) крупнозернистые, красного цвета. По химическому составу (табл. 1) они соответствуют субщелоч-

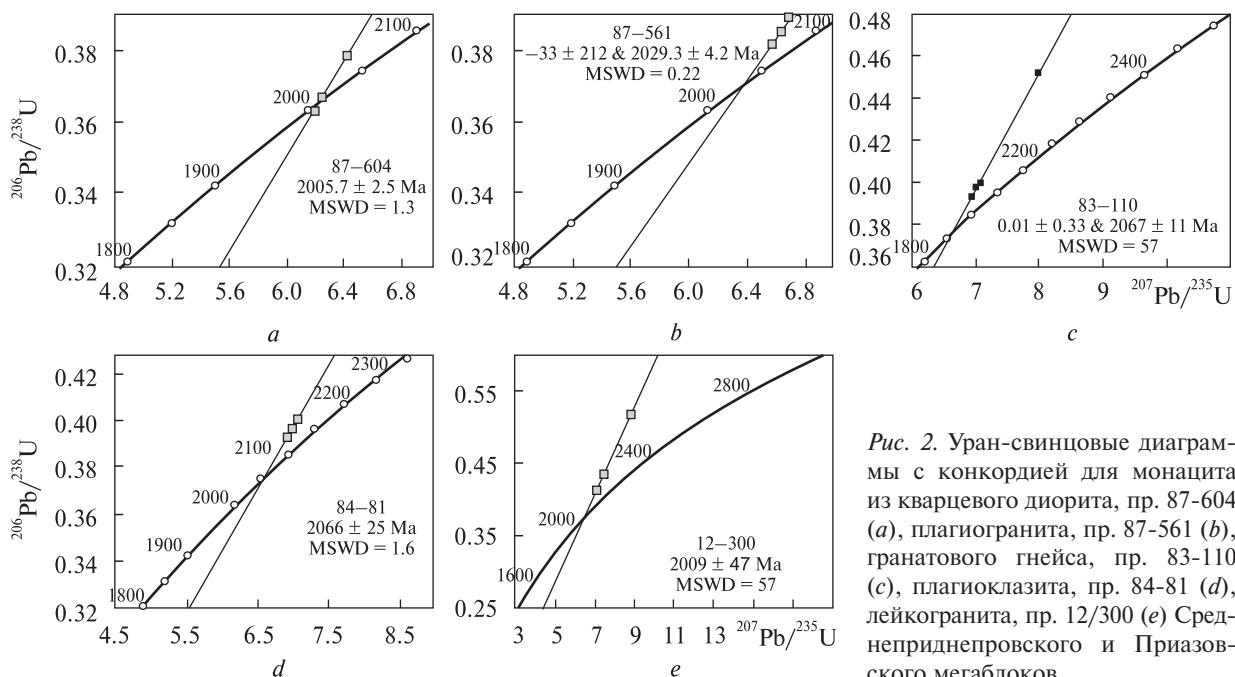


Рис. 2. Уран-свинцовые диаграммы с конкордией для монацита из кварцевого диорита, пр. 87-604 (а), плагиогранита, пр. 87-561 (b), гранатового гнейса, пр. 83-110 (с), плагиоклазита, пр. 84-81 (d), лейкогранита, пр. 12/300 (e) Среднеприднепровского и Приазовского мегаблоков

Fig. 2. U-Pb diagrams with a concordia for monazite from quartz diorite, smp. 87-604 (a), plagiogranite, smp. 87-561 (b), garnet gneiss, smp. 83-110 (c), plagioclase, smp. 84-81 (d), leucogranite, smp. 12/300 (e) of Middle-Dnieper and Azov megablocks

ным гранитам калиево-натриевой серии [10]. U-Pb изотопный возраст акцессорного циркона из пегматитов —  $1959 \pm 36$  млн лет (табл. 2).

**Приазовский мегаблок** — сложен преимущественно мезоархейскими ТТГ с включениями останцев палеоархейской коры. Западная часть мегаблока (Западноприазовский блок) была фрагментирована в неоархее-палеопротерозое на множество тектонических блоков, наиболее крупные из них — Волчанский, Ремовский, Гуляйпольский, Белоцерковский и Гуляйпольско-Салтычганский (рис. 1).

**Волчанский блок** представляет собой большое антиклинорное поднятие. На западе он граничит с Орехово-Павлоградской структурой, а на востоке — с северным продолжением Центрально-Приазовской зоны синклиналичных погружений. Он сложен сложно дислоцированными архейскими и нижнепротерозойскими метаморфическими породами и гранитоидами [12]. Характерной особенностью района служит большое количество разрывных нарушений. Главное значение в формировании структур района имеет система разломов северо-западного простирания, по которой происходили наиболее интенсивные перемещения отдельных блоков. Наиболее распространены на площади Волчанского блока ме-

таморфические породы западноприазовской серии и архейские плагиогранитоиды шевченковского комплекса — мигматиты биотитовые, амфибол-биотитовые, амфиболовые и граниты биотитовые, амфиболовые и аплитовидные, развивающиеся по гнейсам западноприазовской серии. Грабенообразные структуры Волчанского блока сложены породами темрюкской свиты центральноприазовской серии. Последние прорываются гранитоидами калиево-натриевого состава.

Нами выполнены геохронологические исследования гранатовых гнейсов темрюкской свиты центральноприазовской серии (скв. 102, гл. 226—230,7 м, обр. 83-110), вскрытых на Демурином участке. В геологическом строении Демуриного участка наблюдается чередование горсто- и грабенообразных структур северо-западного простирания. Горстообразные ("купольные") структуры сложены архейскими плагиогнейсами кайнкулакской толщи западноприазовской серии и плагиогранитоидами шевченковского комплекса, а грабенообразные — метатерригенными породами темрюкской свиты центральноприазовской серии. В скв. 102, вскрывшей породы темрюкской свиты, слагающих полосу между Демуриной и Владимирской "купольными" структурами, была отобрана пр. 83-110.



Для геохронологических исследований из нее выбран темный прозрачный и полупрозрачный монацит, U-Pb изохронный возраст его —  $2067 \pm 11$  млн лет (табл. 2; рис. 2, с). Полученная датировка соответствует времени метаморфизма метаосадков темрюкской свиты.

Продатированы также биотитовые гнейсы кайинкулакской толщи западноприазовской серии (обр. 2243, с. Покровка, обнажение на правом берегу р. Волчья, 500 м выше нового моста). Биотитовые гнейсы в точке опробования имеют слоистый вид [7], сматы в мелкие

Таблица 3. U-Pb изотопный возраст палеопротерозойских гранитоидов и метаморфических пород по структурам  
Table 3. U-Pb isotope age of Paleoproterozoic granitoids and metamorphic rocks by structures

Номер точки	Структура	Участок	Порода	Возраст, млн лет	Минерал	Номер пробы, литература
1	Западно-Ингулецкая зона	Ореховский	кварцевый диорит	2005	монацит	87-604
2	" " "	Артемовский	плаггиогранит	2034	"	87-139
3	" " "	Зеленовский	плаггиогранит	2029	"	87-561
4	Восточно-Анновская полоса	—	пегматит	$1959 \pm 36^*$	циркон	87-586
5	Орехово-Павлоградская зона	Васильковский	микроклиновыи гранит	2,07—2,08		[21]
6	" " "	Демурииский	гнейс гранатовый	2070	монацит	83-110
7	Волчанский блок	Покровский	гнейс биотитовый	2058	"	2243 [7]
8	Терноватская полоса	Гайчурский	двуполевошпат. гранит	2190	"	849/4 [8]
9	Гуляйпольский блок	Добропольский	кварцевый диорит	2100*	циркон	[4]
10	Лозоватская антиклиналь	Кайинкулакский	пегматиты	2081	"	10-331
11	Салтычанский антиклинорий	Могила Салтычьи	гранит	2000*	"	2000 [17]
12	Белоцерковская структура	с. Верхний Токмак	гранатсодерж. гранит	2237	монацит	10-324
13	" " "	" "	пегматоидный гранит	2036	"	10-414
14	" " "	" "	гнейс гранат-биотитовый	2065	"	10-326
15	" " "	" "	пегматит	2064	"	12-403
16	" " "	" "	пегматоидный гранит	2034	"	12-335
17	" " "	" "	к/с пироксен-амфиболовый	2035	"	83-33
18	" " "	Зап. контакт	плаггиоклазит	2070	"	84-81
19	" " "	Южн. контакт	лейкогранит	2023	"	12/300
20	" " "	Центр. часть	гранит с гранатом	2076	"	16/1
21	Салтычанский антиклинорий	Белоцерковский	микроклиновыи гранит	2062	"	13/87
22	Зачатьевско-Федоровская антиклиналь	б. Панасова	гнейс амфиболовый	2047	"	UR-52
23	" " "	"	лейкогранит	1975	"	UR-52/1
24	Анадольский массив	Анадольский	гранит	2060*	циркон	[17]

Примечание. \* — изохрона по циркону.

Note. \* — isochronous in zircon.

складки до появления плейчатости. В зонах интенсивной микроклинизации они имеют более светлый цвет. По геохимическим характеристикам биотитовые гнейсы близки к породам ТТГ. Из них были выделены монацит и циркон. Циркон представлен преимущественно мелкими непрозрачными зернами с неравномерной светло-желтой и розовато-белой окраской. Встречаются зерна, в которых сохранились неизменные внутренние части розового циркона. Монацит представлен зернами округлой, овальной и вытянутой форм, реже неправильной формы. Основную массу агрегатов монацита составляют относительно мелкие изометричные зерна от светло-желтого до оранжевого цвета. U-Pb изотопный возраст монацита по изотопному отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  — 2058 млн лет [7] (табл. 3).

Таким образом, гранатовые гнейсы темрюкской свиты центральноприазовской серии (пр. 83-110) и биотитовые гнейсы кайинкулакской толщи западноприазовской серии (пр. 2243) имеют близкий возраст метаморфизма (2,06—2,07 млрд лет), вызванного, вероятно, коллизийными процессами.

**Терноватская структура** — тектоническая зона сочленения Гуляйпольского блока с Ремовским и Волчанским блоками. Породы этой структуры представлены гнейсами биотитовыми, амфиболовыми, двуслюдяными, гранат-биотитовыми, кристаллическими сланцами силлиманит-, турмалин- и кордиеритсодержащими, железистыми силикатными кварцитами, амфиболитами и ультрабазитами. Их рассматривают как диафориты высокометаморфизованных пород центральноприазовской серии [14]. Мощность этих пород в пределах Терноватской полосы достигает 356 м. К этой структуре приурочены многочисленные малые интрузии ультрабазитов гайчурского комплекса, Добропольская и Раздольненская интрузии гранитоидов добропольского комплекса возрастом 2,1 млрд лет [4], а также меньшие по размерам интрузии двуполевошпатовых гранитов.

Метаморфические породы Терноватской полосы прорываются маломощными телами двуполевошпатовых гранитов (обр. 849/4). По химическому составу порода соответствует щелочному лейкограниту калиево-натриевой серии [10].

В двуполевошпатовых гранитах присутствуют акцессорные циркон и монацит. Циркон

характеризуется однородным зональным строением, что позволяет сделать вывод об отсутствии наложенных процессов. Монацит бледно-желтого цвета, округлой, реже неправильной формы, слабо трещиноватый. В нем встречаются включения непрозрачных рудных минералов.

U-Pb изотопный возраст монацита из двуполевошпатовых гранитов по изотопному отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  — 2190 млн лет (табл. 3) [8].

*Лозоватская антиклиналь II порядка* расположена на западном крыле Салтычанского антиклинория. Она простирается в субмеридиональном направлении и имеет ширину 10—15 км. Породы гнейсо-мигматитового комплекса Лозоватской антиклинали смяты в крутые складки, нередко изоклинальные с размахом крыльев от нескольких десятков метров до нескольких километров и крутыми падениями (80—85°). В долине нижнего течения р. Кайинкулак, где обнажаются породы северной части Лозоватского антиклиналя (рис. 1), они представлены, в основном, биотитовыми и биотит-амфиболовыми гнейсами кайинкулакской толщи и плагиомигматитами архейского возраста [2]. В Стульневском карьере сохранились блоки гнейсов, в которых наблюдается срезание сланцеватостью объемных микроскладок биотитовых гнейсов.

Для оценки времени проявления дислокационного метаморфизма гнейсов было изучено обнажение, в котором среди биотит-амфиболовых гнейсов находится дайка амфиболитов (мощность до 8 м, азимут простирания — СЗ 350, падение вертикальное), залегающая согласно с их гнейсовидностью и прорывается жилами пегматитов (обнажение на правом берегу р. Кайинкулак в 300 м севернее бывшего с. Новоукраинка,  $N 47^{\circ}15,417'$ ,  $E 36^{\circ}03,379'$ ). По структурному положению дайка синкинематична формированию складок субмеридионального простирания Лозоватской антиклиналя. Согласно геохимическим данным протолит дайковых амфиболитов выплавлялся из обогащенного мантийного источника [2].

Пегматиты (обр. 10-331) по химическому составу соответствуют низкощелочным гранитам калиево-натриевой серии (табл. 1) [10]. U-Pb возраст циркона из пегматитов по изотопному отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  составляет 2081 млн лет (табл. 3). Полученная датировка — верхняя возрастная граница формирования крупнозернистых амфиболитов дай-

Рис. 3. Схема возрастных соотношений пород в обнажении № 5 (средняя часть с. Верхний Токмак, в 800 м выше моста на а/д в с. Вершина). 1 — гранат-биотитовые и глиноземистые гнейсы; 2 — гранатсодержащие лейкократовые граниты; 3 — основные кристаллосланцы; 4 — микроклиновые пегматоидные граниты; 5 — пегматиты. На рисунке показаны номера образцов и их изотопный возраст

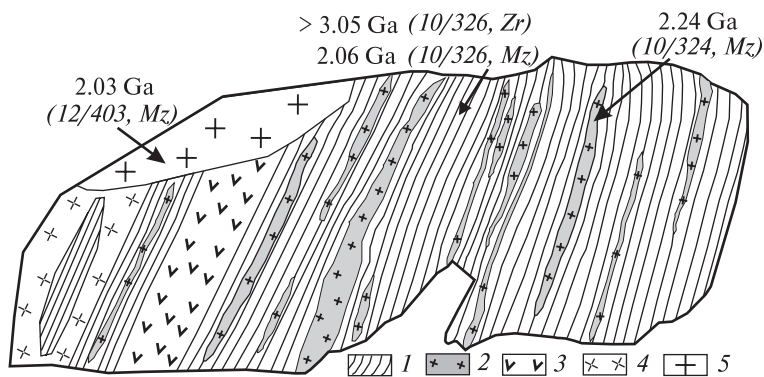


Fig. 3. Scheme of age relationships of rocks in the outcrop № 5 of the band of garnet-biotite and aluminous gneisses (the middle part of the Verkhniy Tokmak village, 800 m above the bridge on the road in the Verшина village): 1 — garnet-biotite and aluminous gneisses; 2 — garnet-containing leucocratic granites; 3 — basic crystalline shales; 4 — microcline pegmatoid granites; 5 — pegmatites. The figure shows sampling points, sample numbers and their isotope age

ки, она близка по времени к этапу деформаций, приведших к формированию субмеридиональных складок в Лозоватской антиклинали.

Белоцерковская синклиналь (размер 20 × 45 км) имеет субширотное простирание и расположена между Ремовским и Гуляйпольско-Салтычанским блоками (на севере, юге и западе) [6, 12, 13] и Центрально-Приазовским синклинорием (на востоке). Ее геологическое строение остается слабо изученным (рис. 1). В зоне тектонического контакта Белоцерковской структуры с вмещающими раннедокембрийскими породами наблюдаются останцы сильно дислоцированных гранат-биотитовых и глиноземистых гнейсов, основных кристаллосланцев, полосовидные тела слабо деформированных калиевых гранитов (синкинематические).

Для определения времени формирования тектонической зоны были выполнены геохронологические исследования монацита из находящихся в них метаморфических пород, син- и посткинematических гранитоидов.

**Западная часть Белоцерковской структуры.** Выполнены геолого-структурные и геохронологические исследования пород обнажения № 5 в с. Верхний Токмак (правый берег р. Токмак, в 800 м выше по течению от моста на а/д в с. Вершина,  $N 47^{\circ}11,963'$ ,  $E 36^{\circ}21,908'$ ). На крутом склоне, высотой до 5 м, на протяжении около 40 м обнажаются мигматиты по гранат-биотитовым и глиноземистым гнейсам (рис. 3). Палеосома мигматитов представлена гранат-биотитовыми и глиноземистыми гнейсами (азимут падения гнейсовидности — ЮВ  $172^{\circ}$ , угол  $60^{\circ}$ ), а неосома — телами гранатсодер-

жащих лейкократовых гранитов, мощностью до 0,25 м. Последние залегают субсогласно с гнейсами и только в редких случаях устанавливаются их секущие контакты. В краевых частях полосы гнейсов находятся согласные тела амфиболовых кристаллосланцев мощностью до 8 м, представляющие собой, вероятно, дайки. С северной и южной стороны полоса гранат-биотитовых и глиноземистых гнейсов замещается розовыми пегматоидными гранитами, в которых сохранились полосовидные останцы гнейсов мощностью в несколько метров. Этот комплекс пород прорывается более поздними (посткинematическими) пегматитами белого цвета. Выше и ниже по течению р. Токмак от обнажаемой полосы гранат-биотитовых и глиноземистых гнейсов, на протяжении 2–3 км наблюдаются выходы тоналитов. Элементы залегания гнейсовидности тоналитовых гнейсов: азимут падения ЮВ  $172^{\circ}$ , угол  $75^{\circ}$ . Они очень близки к ориентировке гнейсовидности гранат-биотитовых и глиноземистых гнейсов, что указывает на их одновременную деформацию в зоне вязкопластичного течения в палеопротерозое.

Для геохронологических исследований отобраны пробы: гранат-биотитовые гнейсы (пр. 10/326), синкинematические лейкократовые гранатсодержащие граниты (пр. 10/324) и посткинematические белые пегматиты (пр. 12/403).

Гранат-биотитовый гнейс (палеосома мигматитов-артеритов, пр. 10-326). Порода крупнозернистая, структура лепидогранобластовая. Текстура гнейсовидная. Минеральный состав, %: гранат — 15; биотит — 25; кварц — 20; плагиоклаз — 40; рудные минералы, апатит и циркон — в ед. зернах.

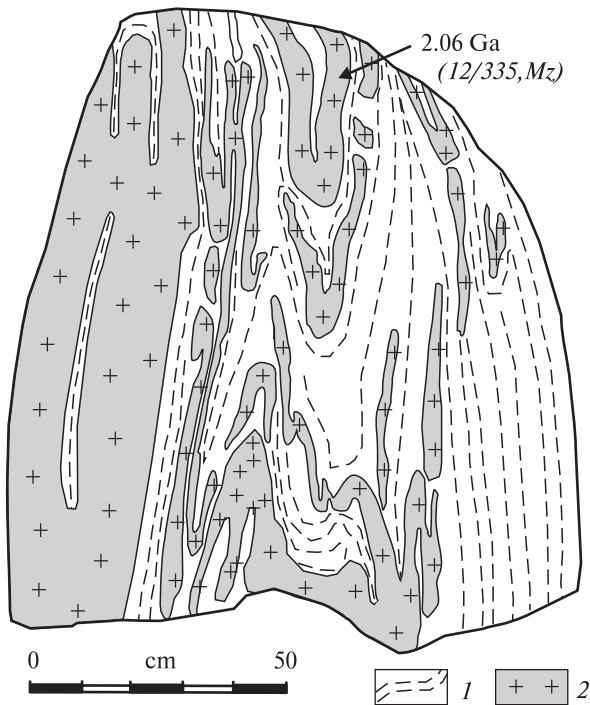


Рис. 4. Изоклинные складки и структуры разлинования жил пегматоидных гранитов в деформированных тоналитовых гнейсах (обнажение № 4 на правом берегу р. Токмак, в 150 м выше по течению от моста на автодороге в с. Вершина,  $N 47^{\circ}11,716'$ ,  $E 36^{\circ}21,734'$ ): 1 — тоналитовые гнейсы; 2 — жилы пегматоидных гранитов. На рисунке показана точка отбора пр. 12/335 на изотопный возраст

Fig. 4. Isoclinal folds and structures of the distribution of veins of pegmatoid granites in deformed tonalite gneisses (outcrop № 4 on the right bank of the Tokmak River, 150 m upstream of the bridge on the road to Verшина village,  $N47^{\circ}11,716'$ ,  $E36^{\circ}21,734'$ ): 1 — tonalite gneisses; 2 — veins of pegmatoid granites. The figure shows the sampling point 12/335 for isotope age

В гранат-биотитовых гнейсах присутствуют циркон и монацит. Монацит представлен двумя разновидностями: первая — округлые прозрачные зерна лимонно-желтого цвета с гладкой блестящей поверхностью (80 %), наблюдаются сростки с породообразующими минералами; вторая — зерна непрозрачные, бурого цвета с матовой поверхностью (20 %).

Был продатирован прозрачный монацит лимонно-желтого цвета. Возраст монацита по изотопному отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  — 2082,7 млн лет (табл. 2). Полученная датировка соответствует времени метаморфизма гранат-биотитовых гнейсов, связанного, вероятно, с коллизионными процессами.

Лейкократовые гранатсодержащие граниты (пр. 10-324) по структурному положению —

синкинематичны формированию гнейсовидности гранат-биотитовых гнейсов (рис. 3). Они мелкозернистые, текстура их слабо полосчатая. Минеральный состав, %: кварц — 35, плагиоклаз — 33, микроклин — 20, гранат — 7, мусковит (вторичный, замещает амфибол) — 5, апатит, циркон — единичные зерна. По химическому составу (табл. 1) порода соответствует лейкогранитам калиево-натриевой серии [10]. Из них выделены циркон и монацит. Для геохронологических исследований был отобран прозрачный монацит лимонно-желтого цвета.

Возраст монацита по изотопному отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  неразделенной фракции — 2236 млн лет, а из фракции  $>0,1$  мм — 2267,8 млн лет (табл. 2). Полученная датировка соответствует, вероятно, времени их образования в коровом магматическом источнике.

Белые пегматиты (пр. 12/403) прорывают гранат-биотитовые гнейсы и лейкократовые гранатсодержащие граниты (рис. 3). Это гигантозернистая порода с пегматитовой структурой. Минеральный состав, %: кварц — 65, полевой шпат — 30, биотит и мусковит — до 5. Из них выделены циркон и монацит. В кристаллах циркона присутствуют ядра более древнего циркона. По этой причине для геохронологических исследований выбран монацит. Монацит представлен крупными зернами буровато-желтого цвета, его возраст по изотопному отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  — 2063,8 млн лет (табл. 2).

Согласно геохронологическим данным, гранат-биотитовые гнейсы (пр. 10-326) подверглись двухэтапному метаморфизму — 2,24 и 2,06 млрд лет тому назад. Внедрение белых пегматитов и метаморфизм гранат-биотитовых гнейсов связаны, вероятно, с коллизионными процессами 2,06—2,07 млрд лет тому назад.

Тоналитовые гнейсы в обнажении № 4 ниже по течению от средней части с. Верхний Токмак сильно дислоцированы. В них наблюдаются изоклинные и птигматитовые складки (рис. 4). С целью определения времени их наиболее поздних дислокационных преобразований, была отобрана пр. 12-335 из пегматоидных гранитов, слагающих изоклиную складку (обнажение № 4 на правом берегу р. Токмак, в 150 м выше по течению от моста на автодороге в с. Вершина,  $N 47^{\circ}11,716'$ ,  $E 36^{\circ}21,734'$ ).

Пегматоидные граниты (пр. 12-335) крупнозернистые, с пегматитовой структурой. Минер-

ральный состав, %: плагиоклаз — 40; кварц — 30—35; калиевый полевой шпат (КПШ) — 20; биотит — 5; апатит — 2; рудные минералы — 1—2 монацит; циркон — ед. зерна.

Из них были выделены циркон и монацит. Циркон представлен кристаллами светло-коричневого цвета размером до 2 мм. Огранка гиацитного типа. Циркон содержит ядра незонального циркона коричневого цвета, которые занимают до 2/3 внутренней его части. Оболочки сложены четко зональным цирконом светло-коричневого цвета.

Монацит из пегматоидных гранитов представлен бесформенными зернами буровато-желтого цвета с неравномерной окраской. Возраст монацита по изотопному отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  — 2063 млн лет (табл. 2). В монаците высокое значение отношения  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ . Это характерно для пород, претерпевших метаморфизм гранулитовой фации или выплавленных из субстрата, который был метаморфизован в гранулитовой фации. Полученные датировки указывают, что зоны вязкопластичного течения в Белоцерковской структуре формировались и после 2063 млн лет.

**Западный тектонический контакт Белоцерковской структуры** с Лозоватской антиклиналью вскрывается в заброшенном карьере возле ж/д станции Верхний Токмак. В карьере на протяжении около 200 м наблюдаются полосовидные тела гнейсов биотитовых, биотит-гранат-силлиманитовых, биотит-гранат-кордиеритовых, биотит-гранатовых, пироксен-биотитовых и слабо деформированных калиевых гранитов, а также сильно метаморфизованные дайки основных кристаллосланцев [16]. Элементы залегания гнейсовидности метаморфических пород — азимут падения ЮВ  $110^\circ$ , угол падения —  $75\text{--}90^\circ$ . Этот комплекс пород прорван более поздними пегматоидными розовыми гранитами. По структурному положению полосовидные тела калиевых гранитов, залегающие согласно с метаморфическими породами, синкинематичны, а пегматоидные граниты, которые прорывают этот комплекс — посткинематичны. В восточной части карьера на протяжении около десяти метров обнажаются слабо измененные тоналитовые гнейсы, также подвергшиеся тектоно-метаморфической переработке в тектонической зоне.

Тела пироксен-амфиболовых кристаллосланцев (пр. 83/33) — это сильно метаморфизованные дайки [16]. Они среднезернистые с

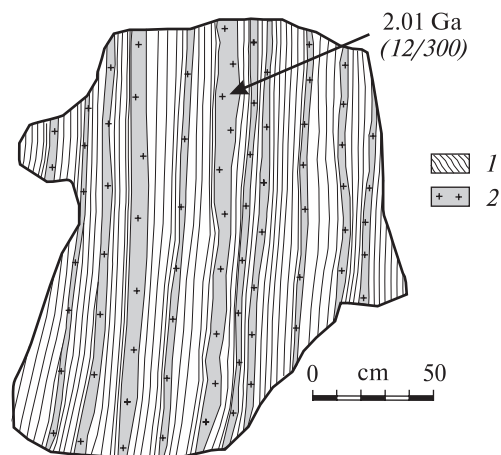


Рис. 5. Зарисовка фрагмента обнажения № 7 зоны тектонического контакта субширотного простирания в южной части Белоцерковской структуры (обнажение на правом берегу р. Токмак, в 300 м вверх по течению от а/д в с. Обиточное, пр. 12/300): 1 — дислоцированные тоналитовые гнейсы, 2 — лейкогранит

Fig. 5. The sketch of the fragment of outcrop № 7 of the zone of viscoplastic flow in the tectonic contact of the sublatitudinal strike in the southern part of the Belotserkovka structure (exposure on the right bank of the Tokmak River, 300 m upstream of the road in Obitochnoe village, smp. 12/300): 1 — dislocated tonalite gneisses, 2 — leucogranite

гранобластовой структурой. Текстура их массивная. Сланцеватость выражена слабо. Минеральный состав, %: пироксен (Срх + Орх) — 45; плагиоклаз — 40; амфибол — 15; апатит — 1. По химическому составу пироксен-амфиболовые кристаллосланцы соответствуют основным породам калиево-натриевой серии (табл. 1). Из них были выделены монацит и циркон. Циркон прозрачный, светло-розового цвета с алмазным блеском ("драгоценный" циркон). Кристаллы имеют эллипсообразную форму с многочисленными мелкими гранями. По минералогическим характеристикам он соответствует метаморфогенному циркону. Монацит представлен округлыми прозрачными зернами светло-желтого цвета с блестящей поверхностью и является наложенным.

Выполнены геохронологические исследования монацита. Согласно полученным данным, возраст монацита по изотопному отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  — 2035,8 млн лет (табл. 2). Монацит имеет очень низкое содержание урана и свинца. Полученная датировка соответствует времени метаморфизма протолита кристаллосланцев.

Гранат-биотитовые гнейсы этой тектонической зоны прорваны жильными телами пла-

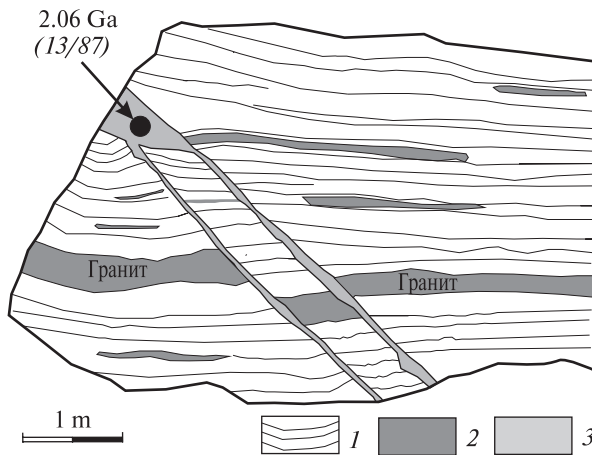


Рис. 6. Сильно дислоцированные плагиогранитоиды в пологозалегающей тектонической зоне в восточной части Салтычанского антиклинория (карьер в устье небольшой балки, впадающей справа в б. Грузская, в 2,5 км выше ее устья): 1 — сильно дислоцированные плагиограниты, 2 — синкинематический микроклиновый гранит, 3 — посткиннематический микроклиновый гранит обр. 13/87

Fig. 6. The strongly dislocated plagiogranitoids in the gently sloping fault zone in the eastern part of the Saltych anticlinorium (the quarry at the estuary of ravine, that flows into ravine Gruzskaya, 2.5 km above its estuary): 1 — strongly dislocated plagiogranites, 2 — synkinematic microcline granite, 3 — post-kinematic microcline granite, smp. 13/87

гиоклазитов (обр. 84-81). Они крупнозернистые, состоят из плагиоклаза среднего состава и кварца. По химическому составу порода соответствует субщелочному диориту калиево-натриевой серии (табл. 1). Из них были выделены монацит и циркон. Геохронологические исследования выполнены по монациту, U-Pb изохронный возраст которого —  $2066 \pm 25$  млн лет (табл. 2, рис. 2, d). Эта датировка соответствует, вероятно, времени ультраметаморфизма гнейсов.

**Южный контакт Белоцерковской структуры** вскрыт в ряде обнажений выше пересечения р. Токмак автодорогой в с. Обиточное. В обнажении № 7, расположенном на правом берегу р. Токмак в 300 м вверх по течению от поселка, наблюдается чередование субсогласных тел крутопадающих, сильно дислоцированных тоналитовых гнейсов мощностью до 20 см (азимут падения ЮВ  $175^\circ$ , угол  $80^\circ$ ) и слабо деформированных лейкогранитов мощностью до 10 см (рис. 5). Последние синкинематичны формированию тектонической зоны.

Проба для геохронологических исследований отобрана из лейкогранитов (пр. 12/300).

Это крупнозернистая порода с пегматитовой структурой. Минеральный состав, %: КПШ — 50–55, кварц — 30–35, биотит — 5, апатит — 2, рудные минералы: монацит — 1–2, циркон — единичные зерна. По химическому составу порода соответствует щелочным лейкогранитам калиево-натриевой серии (табл. 2).

Монацит буровато-желтого цвета, полупрозрачный. Поверхность кристаллов монацита "натечная". Размер зерен до  $0,7 \times 0,4$  мм. U-Pb изохронный возраст монацита из среднезернистых лейкогранитов —  $2009 \pm 47$  млн лет (табл. 2; рис. 2, e), датировка соответствует времени формирования субширотной тектонической зоны.

**В центральной части Белоцерковской структуры**, на восточной окраине с. Водяное, в небольшом обнажении на задернованном склоне левого борта балки, впадающей в р. Берда, наблюдаются лейкократовые граниты с гранатом (пр. 16/1). Взаимоотношения с вмещающими породами не наблюдаются. Сланцеватость лейкократовых гранитов ориентирована — азимут простираения — СЗ  $303^\circ$ , азимут падения ЮЗ  $213^\circ$ , угол падения —  $75^\circ$ . Порода неравномернозернистая, структура аллотриоморфная. Состоит из плагиоклаза (80–75 %), кварца (20–15 %); биотита и граната — ед. зерна. Кварц представлен двумя генерациями. Плагиоклаз кислого состава, некоторые зерна содержат удлиненные пертиты КПШ или червеобразные вроски кварца (мирмекитовая структура). По химическому составу (табл. 1) порода соответствует лейкогранитам калиево-натриевой серии [10]. Монацит в этих гранитах желтого цвета. Выделяются зерна прозрачные и непрозрачные. Для U-Pb изотопных исследований были отобраны пять фракций. Возраст монацита по изотопному отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  составляет 2098,4 млн лет (табл. 2).

**Восточная часть Салтычанского антиклинория**, пологая тектоническая зона (карьер в устье небольшой балки, впадающей справа в б. Грузская, в 2,5 км выше ее устья), в 8 км от Мангушского синклинория). В карьере наблюдаются сильно дислоцированные архейские плагиогранитоиды с пологим углом залегания полосчатости (элементы залегания полосчатости: азимут падения ЮВ  $140^\circ$ , угол падения  $30^\circ$ ). Параллельно полосчатости в плагиогранитоидах расположены субсогласные жилы микроклиновых гранитов (синкинематичны дислокационному метаморфизму). Дислоци-

рованные плагиогранитоиды и синкинематичные микроклиновые граниты прорваны жилами более поздних (посткинematических) микроклиновых гранитов (пр. 13/87), из которых была отобрана проба на изотопный возраст (рис. 6).

Это лейкократовая крупнозернистая порода. Состоит из, %: плагиоклаза — 50, микроклина — 40, кварца — 5—8, рудного минерала — 2, биотита и амфибола — ед. зерна. В некоторых лейстах плагиоклаза наблюдается КПШ. По химическому составу (табл. 1) они соответствуют субщелочному кварцевому диориту калиево-натриевой серии [16].

Изотопный возраст породы определен по аксессуарному монациту, представленному уплощенными полупрозрачными и прозрачными зернами светло-желтого цвета. U-Pb возраст монацита — 2062 млн лет (табл. 2), что соответствует времени коллизионного процесса.

**Мангушский синклиниорий, Зачатьевско-Федоровская антиклиналь II порядка.** Эта структура, разделяющая Берестовско-Розовскую и Малоянисольскую синклинальные зоны, сложена породами западноприазовской серии — плагиогнейсами биотит-амфибол-двупироксеновыми, биотит-клинопироксеновыми, амфиболовыми (реже отмечаются чисто биотитовые или амфибол-биотитовые) и кристаллосланцами двупироксеновыми, биотит-амфибол-двупироксеновыми, биотит-двупироксен-амфиболовыми.

Пробы для геохронологических исследований были отобраны из амфиболовых гнейсов (обнажение в б. Панасова, приток Каратыша (пр. UR-52) и прорывающих их прожилков лейкократовых гранитов (пр. UR-52/1).

Гнейс амфиболовый (пр. UR-52). Порода неравномерозернистая, структура лепидогранобластовая. Состоит из, %: амфибола — 70, плагиоклаза — 20, кварца — 5—10 и рудных минералов — 2. Плагиоклаз sdвойникован. По химическому составу (табл. 1) порода соответствует гранитам натриевой серии [10].

Из гнейсов выделены циркон и монацит. Циркон призматический, гиацинтового типа, грани сглажены, полупрозрачный светло-розовый. Монацит представлен зернами буровато-желтого цвета, прозрачный.

Возраст монацита по изотопному отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  составляет 2046,9 млн лет

(табл. 2), полученная датировка соответствует времени метаморфизма.

Лейкократовые граниты (пр. UR-52/1) — прожилки в амфиболовых гнейсах, крупнозернистые, их структура аллотриоморфнозернистая. Состоят из, %: плагиоклаза — 50, амфибола — 30, кварца — 15—20 и рудных минералов — 1. Некоторые кристаллы плагиоклаза sdвойникованные, а другие содержат прямоугольные и червеобразные включения кварца (мирмекитизация). По химическому составу (табл. 1) порода соответствует лейкогранитам натриевой серии [10]. Из них были выделены циркон и монацит. Циркон удлиненно-призматический, гиацинтового типа, прозрачный. Цвет светло-розовый. Монацит представлен мелкими зернами светло-желтого цвета, прозрачный. U-Pb возраст монацита (пр. UR-52/1) составляет 1975,6 млн лет (табл. 2). Эта датировка соответствует времени повторного метаморфизма амфиболовых гнейсов.

**Выводы.** По результатам геолого-структурных и геохронологических исследований на Приазовском и Среднеприднепровском мегаблоках выделены три этапа палеопротерозойского гранитоидного магматизма и метаморфизма — 2,2; 2,10—2,04 и 1,98—2,0 млрд лет (табл. 3). Гранитоиды первого этапа (2,2 млрд лет) выявлены только в крупных разломных зонах Приазовского мегаблока; второго (2,10—2,04 млрд лет) — распространены по всей его площади. Значительно реже встречаются гранитоиды третьего этапа (1,98—2,0 млрд лет). Ко второму этапу близок по времени региональный метаморфизм архейских гнейсов кайнкулакской толщи и осадочных пород темрюкской свиты центральноприазовской серии (2,06—2,07 млрд лет) на Приазовском мегаблоке, а также архейских плагиогранитоидов сурского комплекса и осадочных пород криворожской и глееватской серий (около 2,0 млрд лет) в Западно-Ингулецкой зоне. Согласно геолого-структурным данным, главная фаза формирования складчатости архейских пород Западноприазовского блока имела место около 2,08 млрд лет тому назад, а вязкопластичное течение пород продолжалось и после 2,06 млрд лет. Выделенные этапы гранитоидного магматизма и метаморфизма соответствуют, вероятно, разным стадиям коллизии Сарматского и Волго-Уральского микроконтинентов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Артеменко Г.В., Бартницький Є.М., Мартинюк А.В., Татарінова О.О., Кльоц В.А. Вік плагіогранітоїдів та метабазитів Орхівської ділянки Правобережного району // Доп. АН УРСР. Сер. Б. — 1989. — № 10. — С. 3—5.
2. Артеменко Г.В., Бибикова Е.В., Самборская И.А., Демедюк В.В., Швайка И.А. Возраст, геохимические особенности и этапы метаморфизма кристаллических пород в долине р. Кайинкулак (Западное Приазовье) // *Мінерал. журн.* — 2013. — **35**, № 4. — С. 73—85.
3. Артеменко Г.В., Демедюк В.В., Татарінова Е.А., Бородиня Б.В., Довбуш Т.И. Протерозойский возраст плагіогранитов Мангушского синклинория (Восточное Приазовье) // *Мінерал. журн.* — 2003. — **25**, № 2/3. — С. 67—71.
4. Бобров О.Б., Шпильчак В.О., Стефанишин О.Б., Степанюк Л.М. Нові дані про радіологічний вік гранітоїдів Добропільського масиву (Західне Приазов'я, Український щит). Стаття 2. Геологія, петрографія, петрохімія // *Зб. наук. пр. УкрДГРІ.* — 2006. — № 4. — С. 7—36.
5. Божко Н.А., Постников А.В., Щипанский А.А. Геодинамическая модель формирования фундамента Восточно-Европейской платформы // *Докл. АН.* — 2002. — **386**, № 5. — С. 651—655.
6. Бородиня Б.В. Геологічна карта та карта корисних копалин кристалічного фундаменту. Центральноросійська серія. L-37-VII (Бердянськ). М-6 1 : 200000. — К. : Держ. геол. служба України М-ва екології та природних ресурсів України, 1998.
7. Демедюк В.В. Время формирования мигматитов Волчанского блока // *Геохімія та рудоутворення.* — 2011. — Вып. 30. — С. 47—51.
8. Демедюк В.В. Изотопный возраст постколлизийных жильных гранитов в Терноватской структуре (Приазовский мегаблок УЩ) // *Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики.* — 2010. — Вып. 7. — С. 142—146.
9. Железисто-кремнистые формации Украинского щита / Отв. ред. Н.П. Семенов. — Киев : Наук. думка, 1978. — Т. 2. — 365 с.
10. *Магматические горные породы. Классификация, номенклатура, петрография* / Гл. ред. О.А. Богатиков. — М. : Наука, 1983. — Т. 1, ч. 2. — С. 366—767.
11. Мици М.В., Филиппова И.Б., Сулейманов А.К., Заможняя Н.Г., Ступак В.М., Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Трусов А.А. Восточно-Европейский кратон — палео-протерозойский аккреционно-коллизийный ороген // *Материалы XXXVIII тектонич. совещ. : В 2 т.* — М. : ГЕОС, 2005. — Т. 1. — С. 452—456.
12. Киктенко В.Ф. Глубинное геологическое картирование мельче м-ба 1 : 200000 в пределах листов М-37-XXXI, / -37-I, VII (Западное Приазовье — листы М-37-133; М-37-134-В; / - 37-1; / - 37-2; / -37-13; / - 37-14; / - 37-25-А, Б; / - 37-26-А, Б). — Киев, 1982.
13. Коньков Г.Г., Полуновский Р.М., Белевцева А.И. и др. Комплексная геологическая съемка м-ба 1 : 50000 на площади планшетов L-37-14-В, Г; L-37-26-А; L-37-26-В, L-37-26-Г и L-37-27-В (Центрально-Приазовский район). — 1965.
14. Переверзев С.И. Новые данные о возрасте и стратиграфическом положении осипенковской свиты (Приазовский блок) // *Геол. журн.* — 1989. — № 4. — С. 56—64.
15. Соботович Э.В., Бартницький Е.Н., Цюнь О.В., Кононенко Л.В. Справочник по изотопной геохимии. — М. : Энергоиздат, 1982. — 240 с.
16. Эйвор О.Л., Есипчук К.Е., Цуканов В.А. Докембрий Западного Приазовья. — Киев : Изд-во Киев. гос. ун-та, 1971. — 184 с.
17. Шербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянський Л.В. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. — Киев : Наук. думка, 2008. — 238 с.
18. Шербак Н.П., Артеменко Г.В., Бартницький Е.Н., Змиевський Г.Е., Татарінова Е.А. Возраст осадочно-вулканогенных формаций Восточно-Анновской полосы // *Докл. АН УССР. Сер. Б.* — 1989. — № 2. — С. 30—35.
19. Шербак Н.П., Злобенко В.Г., Жуков Г.В., Котловская Ф.И., Полевая Н.И., Комлев Л.В., Коваленко Н.К., Носок Г.М., Почтаренко В.И. Каталог изотопных дат пород Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1978. — 224 с.
20. Щипанский А.А., Самсонов А.В., Петрова А.Ю., Ларионова Ю.О. Геодинамика восточной окраины Сарматии в палеопротерозое // *Геотектоника.* — 2007. — № 1. — С. 43—70.
21. Lobach-Zhuchenko S.B., Balagansky V.V., Baltybaev Sh.K., Bibikova E.V., Chekulaev V.P., Yurchenko A.V., Arestova N.A., Artemenko G.V., Egorova Yu.S., Sergeev S.A., Skublov S.G., Presnyakov S.L. The Orekhov-Pavlograd Zone, Ukrainian Shield : Milestones of its evolutionary history and constraints for tectonic models // *Precam. Res.* — 2014. — **252**. — P. 71—87.
22. Shchipansky A.A., Bogdanova S.V. The Saratian crustal segment: Precambrian correlation between the Voronezh Massif and the Ukrainian Shield across the Dnieper-Donets Aulacogen // *Tectonophysics.* — 1996. — **268** (1—4). — P. 109—125.

Поступила 17.10.2017



REFERENCES

1. Artemenko, G.V., Bartnitskiy, E.M., Martynyuk, A.V., Tatarinova, E.A. and Klyots, V.A. (1989), *Dop. AN UkrRSR*, Ser. B, No. 10, pp. 3-5.
2. Artemenko, G.V., Bibikova, E.V., Samborska, I.A., Demedyuk, V.V. and Shvaika, I.A. (2013), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 35, No. 4, Kyiv, UA, pp. 73-85.
3. Artemenko, G.V., Demedyuk, V.V., Tatarinova, E.A., Borodynya, B.V. and Dovbush, T.I. (2003), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 25, No. 2-3, Kyiv, UA, pp. 67-71.
4. Bobrov, O.B., Shpylchak, V.O., Stefanishin, O.B. and Stepanyuk, L.M. (2006), *Zb. nauk. pr. UkrDGRI*, No. 4, Kyiv, UA, pp. 7-36.
5. Bozhko, N.A., Postnikov, A.V. and Shchipansky, A.A. (2002), *Dokl. Akad. Nauk*, Vol. 386, No. 5, pp. 651-655.
6. Borodynya, B.V. (1998), *Geologichna karta ta karta korysnyh kopalyn krystalichnogo fundamentu. Centralnoukrainska seriya. L-37-VII (Berdyansk), M-b 1 : 200000*, Derzh. geolog. sluzhba Ukrainy M-va ekologii ta pryrodnyh resursiv Ukrainy, Kyiv, UA.
7. Demedyuk, V.V. (2011), *Geochemistry and Ore Formation*, Vyp. 30, Kyiv, UA, pp. 47-51.
8. Demedyuk, V.V. (2010), *Teoretychni ta prykladni aspekty geoinformatyky*, Kyiv, UA, Vyp. 7, pp. 142-146.
9. Semenenko, N.P. (ed.) (1978), *Zhelezisto-kremnistye formatsii Ukrainського shchita*, Vol. 2, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 365 p.
10. Bogatkov, O.A. (ed.) (1983), *Magmaticheskie gornye porody. Klassifikatsiya, nomenklatura, petrografiya*, Vol. 1, Ch. 2, Nauka, Moscow, RU, pp. 366-767.
11. Mints, M.V., Filippova, I.B., Suleymanov, A.K., Zamozhnyaya, N.G., Stupak, V.M., Babayants, P.S., Bloh, Yu.I. and Trusov, A.A. (2005), *Materialy XXXVIII tektonich. soveshch.*, v 2 t., Vol. 1, GEOS press, Moscow, RU, pp. 452-456.
12. Kiktenko, V.F. (1982), *Glubinnoe geologicheskoe kartirovanie melche m-ba 1 : 200000 v predelah listov M-37-XXXI, / -37-I, VII, Zapadnoe Priazovie, listy M-37-133; M-37-134-B; / - 37-1; / - 37-2; / -37-13; / - 37-14; / - 37-25-A, B; / - 37-26-A, B*, Kyiv, UA.
13. Konkov, G.G., Polunovskiy, R.M., Belevtseva, A.I. and et al. (1965), *Kompleksnaya geologicheskaya syemka m-ba 1 : 50000 na ploshchadi planshetov L-37-14-B, G; L-37-26-A; L-37-26-V, L-37-26-G i L-37-27-V, Centralno-Priazovskiy rayon*.
14. Pereverzev, S.I. (1989), *Geol. Journ.*, No. 4, Kyiv, UA, pp. 56-64.
15. Sobotovich, E.V., Bartnitskiy, E.N., Tsyon', O.V. and Kononenko, L.V. (1982), *Spravochnik po izotopnoy geokhimii*, Yenergoizdat, Moscow, RU, 240 p.
16. Yeynor, O.L., Esipchuk, K.E. and Tsukanov, V.A. (1971), *Precambrian of the Western Azov Sea*, Publ. Kyiv. gos. Univ., Kyiv, UA, 184 p.
17. Shcherbak, N.P., Artemenko, G.V., Lesnaya, I.M., Ponomarenko, A.N. and Shumlyansky, L.V. (2008), *Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Proterozoic*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 240 p.
18. Shcherbak, N.P., Artemenko, G.V., Bartnitskiy, E.N., Zmieviskiy, G.E. and Tatarinova, E.A. (1989), *Dokl. AN UkrSSR*, Ser. B, No. 2, Kyiv, UA, pp. 30-35.
19. Shcherbak, N.P., Zlobenko, V.G., Zhukov, G.V., Kotlovskaya, F.I., Polevaya, N.I., Komlev, L.V., Kovalenko, N.K., Nosok, G.M. and Pochtarenko, V.I. (1978), *Katalog izotopnykh dat porod Ukrainського shchita*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 224 p.
20. Shchipansky, A.A., Samsonov, A.V., Petrova, A.Yu. and Larionova, Yu.O. (2007), *Geotektonika*, No. 1, Moscow, RU, pp. 43-70.
21. Lobach-Zhuchenko, S.B., Balagansky, V.V., Baltybaev, Sh.K., Bibikova, E.V., Chekulaev, V.P., Yurchenko, A.V., Arestova, N.A., Artemenko, G.V., Egorova, Yu.S., Sergeev, S.A., Skublov, S.G. and Presnyakov, S.L. (2014), *Precam. Res.*, Vol. 252, pp. 71-87.
22. Shchipansky, A.A. and Bogdanova, S.V. (1996), *Tectonophysics*, Vol. 268 (1-4), pp. 109-125.

Received 17.10.2017

*Г.В. Артеменко, І.А. Самборська, І.А. Швайка, К.І. Гоголев, Т.І. Довбуш*

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення  
ім. М.П. Семененка НАН України  
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34  
E-mail: regulgeo@gmail.com

ЕТАПИ РАННЬОПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСЬКОГО КОЛІЗИЙНОГО  
ГРАНІТОЇДНОГО МАГМАТИЗМУ ТА МЕТАМОРФІЗМУ НА ПРИАЗОВСЬКОМУ  
ТА СЕРЕДНЬОПРИДНІПРОВСЬКОМУ МЕГАБЛОКАХ УКРАЇНСЬКОГО ШИТА

На Приазовському та Середньопридніпровському мегаблоках Українського щита виділено три етапи палеопротерозойського гранітоїдного магматизму та метаморфізму — 2,2; 2,10—2,04 і 2,0—1,98 млрд рр. Гранітоїди першого етапу (2,2 млрд рр.) виявлені у великих розломних зонах Приазовського мегаблоку; другого (2,10—2,04 млрд рр.) — поширені на всій його площі. Значно рідше трапляються гранітоїди третього етапу (1,98—2,0 млрд рр.). До другого етапу близький за часом регіональний метаморфізм архейських гнейсів кайінкулацької товщі і осадових

порід темрюцької світи центральноприазовської серії (2,06—2,07 млрд рр.) Приазовського мегаблоку, а також архейських плагіогранітоїдів сурського комплексу і осадових порід криворізької та глеюватської серій (близько 2,0 млрд рр.) у Західно-Інгулецькій зоні. Згідно з геолого-структурними даними, головна фаза формування складчастості архейських порід Західноприазовського блоку мала місце близько 2,08 млрд рр. тому. Виділені етапи гранітоїдного магматизму і метаморфізму відповідають, ймовірно, різним стадіям колізії Сарматського і Волго-Уральського мікроконтинентів.

*Ключові слова:* колізія, палеопротерозой, гранітоїдний магматизм, метаморфізм, U-Pb вік, Приазовський і Середньопридніпровський мегаблоки, Сарматія, Волго-Уралія.

*G.V. Artemenko, I.A. Samborska, I.A. Shvaika, K.I. Gogolev, T.I. Dovbush*

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy  
and Ore Formation of the NAS of Ukraine  
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142  
E-mail: regulgeo@gmail.com

#### THE STAGES OF EARLY PALEOPROTEROZOIC COLLISION GRANITOIDS MAGMATISM AND METAMORPHISM ON THE AZOV AND MIDDLE-DNIEPER MEGABLOCKS OF THE UKRAINIAN SHIELD

The Geological models for the formation of the East European Craton were first proposed in the 90's of the last century by S.V. Bogdanova, M.V. Mints, A.A. Shchipansky and other researchers. According to their ideas, the bulk of the Archean crust of the East European craton was collected in the interval from 2.82 to 2.66 Ga ago, and the unification of the Kursk and Middle-Dnieper cratons occurred, according to the estimates of different authors, 2.6 or 2.9 billion years ago. This stage of the Earth crust formation has been studied quite insufficiently and fragmentarily. There is no convincing data on the time of the entry of the Archean core of the Ukrainian Shield into the composition of Sarmatia, the age of the metasedimentary rocks of the Central Azov and Kryvyi Rih series, which carry out numerous riftogenic basins, the time and geodynamic conditions of magmatism and metamorphism associated with this stage are not systematized. To determine the time, duration and scale of collision processes, we carried out geological-structural and geochronological studies of granitoids and metamorphosed Archean rocks of some large paleotectonic elements of the Azov and Middle-Dnieper megablocks, mainly by monazite. As a result of the studies carried out three stages of Paleoproterozoic granitoid's magmatism and metamorphism — 2.2; 2.10—2.04 and 2.0—1.98 Ga have been distinguished on the Azov and Middle-Dnieper megablocks of the Ukrainian Shield. Granitoids of the first stage (2.2 Ga) were found in the large fault zones of the Azov megablock; the second (2.10—2.04 Ga) — are distributed throughout its area. The granitoids of the third stage (2.0—1.98 Ga) are much less common. By the second stage, the regional metamorphism of the Archean gneisses of the Kayinkulak thickness and the sedimentary rocks of the Temruk suite of the Central Azov series (2.06—2.07 Ga) of the Azov megablock, as well as the Archean plagiogranitoids of the Sursky complex and the sedimentary rocks of the Kryvyi Rih and Gleyevatka series (about 2.0 Ga) in the West Ingulets zone. According to geological-structural data, the main phase of folding of Achaean rocks of the West Azov block took place about 2.08 Ga ago. The distinguished stages of granitoid magmatism and metamorphism correspond, probably, to different stages of the collision of Sarmatian and Volga-Ural microcontinents.

*Keywords:* collision, Paleoproterozoic, granitoid's magmatism, metamorphism, U-Pb age, Azov and Middle-Dnieper megablocks, Sarmatian, Volga-Ural.